

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Studium vlivu povrchové úpravy na kvalitu povlaků
Study of Influence Surface Treatment on Quality of
Coatings

Student:

Vedoucí bakalářské práce:

Veronika Kreuzigerová

doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Kreuzigerová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Studium vlivu povrchové úpravy na kvalitu povlaků**
Study of Influence Surface Treatment on Quality of Coatings
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte současné technologie úpravy povrchu substrátu před aplikací povlaků.
2. Prostudujte tvorbu a vlastnosti navrženého povlaku.
3. Prostudujte vliv povrchové úpravy substrátu na kvalitu povlaku.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
6. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

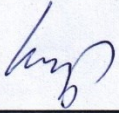
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

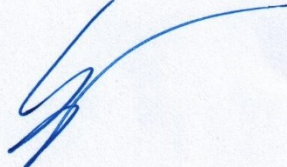
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5.2017

Veronika Kreuzigerová
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5.2017

Veronika Kreuzigerová

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Veronika Kreuzigerová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hrabenov 58

Ruda nad Moravou

789 63

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KREUZIGEROVÁ, V.: *Studium vlivu povrchové úpravy na kvalitu povlaků*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, 55 s. Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Podjuklová, J., Csc.

Bakalářská práce se zabývá studiem vlivu povrchové úpravy na kvalitu povlaků. Práce je rozdělena do dvou částí na teoretickou a experimentální. Teoretická část zahrnuje vlastnosti a charakteristiku povrchu, přípravu povrchu před aplikací povlaku, povlaky a povrchové vrstvy, kontrola vzhledu, čistoty a přilnavosti povrchu a poslední kapitola teoretické části se zabývá korozí. Experimentální část se zabývá hodnocením přilnavosti nátěrového systému k povrchu, na kterém jsou různé typy prachů. Zkoušený je jeden typ povrchu a to standardní válcovaná ocel, kde je 6 vzorků neexponovaných, na 6 dalších vzorků je nanesen zinkový prach VP a na 6 vzorků zinkový prach HP. Přilnavost byla zkoumána před a po expozici v korozní komoře. Kde nejlepší přilnavost před expozicí do korozní komory vykazovaly všechny vzorky, po 26 hodinách v korozní komoře vykazovaly nejlepší přilnavost neexponované vzorky.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KREUZIGEROVÁ, V.: *Study of Influence Surface Treatment on Quality of Coatings*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2017, 55 p. Advisor master thesis: doc. Ing. Podjuklová, J.,Csc.

The bachelor thesis deals with studying the effect of surface treatment on the quality of coatings. The thesis is divided into two parts: theoretical and experimental. The theoretical part includes surface properties and characteristics, surface preparation before coating application, coatings and surface coatings, appearance control, surface cleanliness and adhesion, and the last chapter of the theoretical part deals with corrosion. The experimental part deals with the assessment of the adhesion of the coating system to the surface of the different types of dust. One type of surface is tested, namely standard rolled steel, where 6 samples are unexposed, 6 zinc dust VP is applied to 6 other samples and HP 6 zinc dust for 6 samples. Adhesion was examined before and after exposure to the corrosion chamber. Where the best adhesion prior to exposure to the corrosion chamber showed all samples, after 26 hours in the corrosion chamber showed the best adhesion of the unexposed sample.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	8
ÚVOD.....	9
1 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU	10
1.1 Fyzikální vlastnosti	10
1.2 Geometrické vlastnosti	10
1.3 Mechanické vlastnosti	11
1.4 Chemické vlastnosti	11
2 PŘÍPRAVA POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU	12
2.1 Mechanické úpravy povrchů.....	12
2.1.1 Otryskávání.....	13
2.1.2 Omílání	16
2.1.3 Broušení	16
2.1.4 Kartáčování.....	17
2.1.5 Leštění	17
2.1.6 Další způsoby	17
2.2 Chemické úpravy povrchu.....	18
2.2.1 Odmašťování	18
2.2.2 Moření.....	19
3 POVLAKY A VRSTVY	20
3.1 Anorganické povlaky a povrchové vrstvy	20
3.1.1 Kovové povlaky a vrstvy.....	20
3.1.2 Nekovové povlaky a vrstvy	21
3.2 Organické povlaky a povrchové vrstvy	22
3.2.1 Nátěrové hmoty	22
3.2.1.1 Složení nátěrových hmot	23
3.2.1.2 Značení nátěrových hmot	24
3.2.1.3 Nanášení nátěrových hmot.....	25
4 KONTROLA JAKOSTI POVLAKU	26

4.1	Vzhled a čistota povrchu	26
4.2	Přilnavost povlaku	26
5	KOROZE.....	27
6	NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	28
7	POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	29
7.1	Příprava vzorků před aplikací povlaku.....	29
7.1.1	Měření drsnosti povrchu vzorků	29
7.1.2	Měření povrchového napětí.....	31
7.1.3	Odmaštění	32
7.1.4	Měření drsnosti povrchu vzorků po odmaštění	33
7.2	Stanovení zaprášení povrchu.....	34
7.3	Zaprášení povrchu	37
7.4	Aplikace a měření tloušťky nátěru	38
7.5	Zkouška přilnavosti křížovým řezem.....	41
7.6	Korozní zkouška.....	45
7.7	Křížová zkouška přilnavosti po korozní zkoušce.....	47
	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

ČSN	Česká státní norma	
EN	Evropská norma	
ISO	Mezinárodní norma	
HP	Zinkový prach	
L	Vyhodnocovací délka	mm
Mpa	Megapascal	N/m ²
n	Počet měření	
pH	Stupnice kyselosti	
Ra	Průměrná aritmetická úchylka profilu	μm
Rz	Výška nerovnosti profilu	μm
VP	Zinkový prach s více nečistotami	
λ_c	Filtr profilu	

ÚVOD

V dnešní době se stále více kladou nároky na povrchovou úpravu materiálů, která ochraňuje materiál proti korozi a zároveň mění funkční vlastnosti a vzhled materiálu. Kladeny jsou požadavky na finanční hospodárnost, zkrácení výroby, zvýšení kvality a jakosti materiálu výrobků, nástrojů i strojů. Nejčastěji zde nachází uplatnění organické povlaky, do kterých se zahrnují nátěry, které jsou nejčastěji používaná ochrana kovů z důvodu snadné aplikace, dostupnosti, značného ochranného účinku nebo z hlediska ekonomiky. Nátěrové hmoty vybíráme z hlediska, v jakém agresivním prostředí se bude daná součást pohybovat.

Hlavní příčina vytvoření povlaku je ochrana proti korozi. Abychom vytvořily kvalitní povlakovou vrstvu, musíme zajistit dobrou přilnavost nátěru k povrchu. Zde se dostává na řadu měření drsnosti, zkouška povrchového napětí, nebo vizuální prohlídka. Pokud se na povrchu materiálu nacházejí stopy rzi, okují nebo jiné nečistoty jako je např. prach, který je v této problematice velmi často opomíjen, musíme je řádně očistit mechanickým nebo chemickým způsobem.

1 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU

Povrch materiálu obecně definujeme, jako rozhraní dvou rozdílných prostředí mohou být pevné (kovové, nekovové), kapalné nebo plynné. Povrchy jsou široká oblast a jejich problematiku musíme posuzovat z různých hledisek. Základní vlastnosti povrchu dělíme na fyzikální, geometrické, mechanické a chemické. [7]

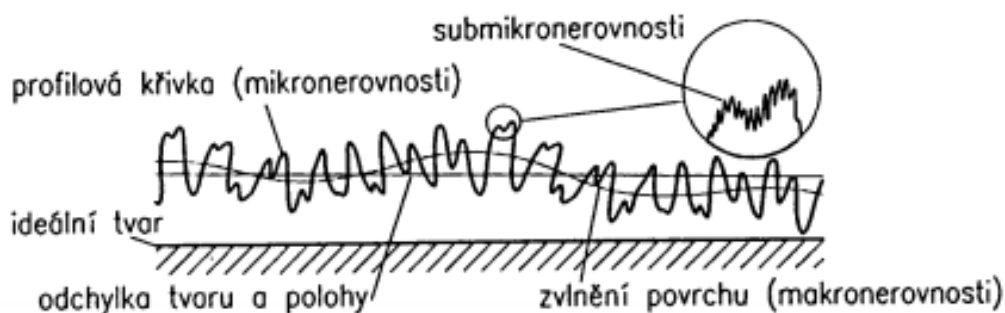
1.1 Fyzikální vlastnosti

Emisivita je jedna z typických fyzikálních vlastností, je to schopnost uvolňovat elektrony z povrchu materiálu za určitých podmínek. Emisi dělíme na studenou a termickou. Studené emisivity lze dosáhnout vnějším dopadem elektronů, termické ohřevem na vysokou teplotu. Lze ji zvýšit pomocí umělých adsorpčních vrstev, které na povrchu vytváří příznivé elektrické pole. [7]

Elektrické vlastnosti udává elektronový stav, na který má vliv poruchy mřížky, změněné vazby i potenciály, rozdílná složení. Nesmíme zapomenout na elektrický odpor, elektrickou vodivost, elektrickou pevnost a hustotu elektrického proudu. [13]

1.2 Geometrické vlastnosti

Geometrické vlastnosti povrchu ovlivňují přilnavost a trvanlivost nátěrových hmot. Makronerovnosti jsou odchylky tvaru od ideálního povrchu. Vlnitosti jsou nerovnosti, které se periodicky opakují. Mikronerovnosti vznikají při technologickém postupu a jinak jim říkáme drsnost povrchu.



Obr. 1 - Geometrie povrchu [7]

1.3 Mechanické vlastnosti

Tvrдост je odpor zkoušeného materiálu proti vnikání zkušebního tělesa. Zkoušky tvrdosti mohou být statické nebo dynamické. Zkoušky rozlišujeme vrypové, vnikající, kyvadlové a odrazem. [13]

Pnutí vzniká v povrchových vrstvách při technologii lití, tuhnutí, tváření, tepelné zpracování, obrábění nebo svařování. Pro zlepšení vlastností povrchové vrstvy se pnutí může vytvářet záměrně. Pnutí rozdělujeme na zbytková a dočasná, podle vzniku na deformační, tepelné, strukturální nebo v jakém působí objemu na makropnutí, mikropnutí, submikropnutí. [7]

1.4 Chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti jsou změny chemického složení nebo oxidačních stavů na rozhraní mezi prostředím. Především se jedná o prostředí mezi pevnými látkami s kapalinami nebo plyny (adsorpce, chemisorpce). [7]

Rozpustnost rozdělujeme na aktivní a pasivní. U povrchů, které nejsou pokryty žádným filmem probíhá anodické aktivní rozpouštění. U pasivního rozpouštění vznikají sloučeniny, které jsou nerozpustné, mají nízkou korozní rychlost. [7]

2 PŘÍPRAVA POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU

Povrchové úpravy jsou procesy, jimiž dosahujeme zlepšení vlastností povrchu materiálu. Používají se zejména za účelem zvýšení odolnosti proti korozi a opotřebením. Povrchovými úpravami dosahujeme změnu mikrogeometrie a struktury vrstev v povrchu materiálu. [1]

Před aplikací jakýchkoliv povrchových úprav musíme povrch kovu řádně očistit. Povrch může být znečištěn jednak mechanickými (mastnota, pasty, prach) nebo chemickými (oxidy, okuje) vazbami. Proto musíme povrch nejdříve zbavit těchto nečistot a vytvořit čistý povrch kovu. Nečistoty vázané mechanicky odstraníme odmašťováním. Nečistoty vázané chemicky pak chemickým čištěním (moření) nebo mechanickým čištěním (broušení, otryskávání, omílání). [1]

Podle účelu dělíme povrchové úpravy na:

- čištění a předběžné úpravy
- odolnost proti korozi
- úpravy zajišťující požadovaný design
- úpravy k dosažení požadovaných vlastností [1]

Podle charakteru vytvářené povrchové vrstvy:

- anorganické
- organické

2.1 Mechanické úpravy povrchů

Mechanické úpravy využíváme při čištění povrchu materiálu, vytvoření určité kvality povrchu pro následnou vrstvu, zvýšení odolnosti proti korozi, pevnosti a meze únavy. [1] [8]

Nejrozšířenější mechanické úpravy jsou broušení, leštění a kartáčování. Tyto technologie využíváme jako předpovrchové úpravy materiálu nebo jako konečné úpravy. Dále mezi mechanické úpravy patří tryskání a omílání (kuličkování). [1, 7]

2.1.1 Otryskávání

Otryskávání využíváme k dosažení požadované jakosti povrchu. Otryskáváme pomocí mechanických nebo pneumatických tryskačů. Otryskávací prostředek je vržen vysokou rychlostí na povrch otryskávaného kovového materiálu za účelem očištění materiálu od korozních produktů, zpevnění povrchu a vytvoření požadované drsnosti povrchu. Před otryskáním je potřeba se zbavit hrubých nečistot a mastnoty opálením nebo odmaštěním. Otryskávací médium můžeme vybírat z velkého množství výrobců, dodavatelů i z mnoha materiálů. [1, 2, 7]

- **Otryskávací média kovová:**

Ocelový granulát – odolný s vysokou trvanlivostí proto je jedním z nejrozšířenějších otryskávacích materiálů. Vyrábí se ze speciálně tepelné upravených ocelí. Využívá se hlavně při čištění plechů, svarů, odlitků a při zpevňování plechů. [3]



Obr. 2 - Ocelový granulát [3]

Ocelová drť - otryskávací médium s vysokým abrazivním účinkem. Vyrábí se drcením ocelového granulátu. Využívá se hlavně při tlakovém tryskání pro vytvoření vysoké drsnosti materiálu. [3]



Obr. 3 - Ocelová drť [3]

Ocelový sekaný drát – drát nasekaný na válečky s vysokou pevností, životností a účinností. Vhodné použití u metacích kol a mechanizovaných linek. [1]



Obr. 4 - Ocelový sekaný drát [4]

Litinová drť a granulát – lehké a trvanlivé otryskávací médium. [1]



Obr. 5 - Litinová drť [5]



Obr. 6 - Litinový granulát [6]

- **Otryskávací média nekovová:**

Balotina – skleněné kuličky, které se využívají při dokončovacích pracích a při jemné předúpravě povrchu. Využívá se pro otryskávání barevných kovů, při sjednocení povrchu, renovaci hliníkových výrobků. [8]



Obr. 7 - Balotina [14]

Korund – hnědý korund má jedinečnou tuhost, tvrdost a vysokou životnost. Korund lze mnohonásobně recyklovat je lehký avšak agresivní k otryskávanému materiálu. Toto tryskávací médium je rychlé a využívá se hlavně do tryskacích kabin. [9]



Obr. 8 - Korund hnědý [10]

2.1.2 Omílání

Technologie, která spočívá ve vzájemném působení omílaných předmětů a omílacích prostředků (kapaliny s chemickými prostředky) v otáčejícím bubnu. Mechanická úprava povrchu oblých a malých tvarů. Velké předměty (asi nad 1 kg) musíme upevnit v omílacím zařízení. Výhody této technologie je snížení výrobních nákladů (levný provoz), zvýšení výrobnosti, není nutné ručně brousit a leštit, snižuje se zmetkovitost a zvyšuje korozní odolnost. Má však i své nevýhody. Omíláním můžeme poškodit členité výrobky a nerovnoměrný úběr může otupit hrany výrobků, které se tímto poškodí. Technologii využíváme ke zpevnění povrchu, leštění výrobku, odjehlování, odstranění zbytků koroze a tavidel po svařování. [1, 7]

2.1.3 Broušení

Broušení se využívá k odstranění hrubých nerovností povrchu před aplikací následujícího povlaku. Pracovní nástroje pro broušení jsou brusné kotouče, hlavy nebo brusné pásy v různých rozměrech, hrubostech a materiálech. Kotouče jsou rozděleny podle zrnitosti na hrubá, střední, jemná a velmi jemná a podle tvrdosti na tvrdé, střední a měkké. [1, 7]

Broušení dle stupně nerovnosti:

- hrubování – zrnitost 46 - 80
- hlazení – zrnitost 100 - 150
- jemné hlazení – zrnitost 200 - 240
- předlešťování – zrnitost 280 - 320
- jemné předlešťování – zrnitost 400, 500, 600 [1]



Obr. 9 - Brusné kotouče [11]

2.1.4 Kartáčování

Touto technologií lze odstranit hrubé nečistoty z povrchu materiálu např. zbytky starých nátěrů a rzi. Také ji můžeme zařadit před leštěním nebo po broušení pro zjemnění a sjednocení povrchu. Používají se kartáče s přírodními, umělými vlákny nebo s ocelovými dráty. [1]

2.1.5 Leštění

Technologie, kterou je vhodné použít jako následnou operaci po technologii broušení. Leštěním docílujeme odstranění nejjemnějších nečistot z povrchu a konečné jakosti povrchu materiálu. Leštící kotouče mohou být látkové nebo plstěné. Leštící prostředek ve formě tukové pasty, brusné pasty nebo brusné suspenze se nanáší na povrch kotouče. Pro počáteční leštění se používá tvrdších látkových kotoučů s mastnými ostrými pastami, pro dolešťování pak měkké kotouče se suššími, jemnějšími pastami s nižší obvodovou rychlostí. [1]

2.1.6 Další způsoby

Oklepávání je technologie pro odstranění korozních produktů, okují, barvy, strusky po svařování na rozměrných předmětech. Pro oklepávání můžeme použít ruční oklepávací kladiva nebo pneumatická oklepávací zařízení, které pohybují dráty, trny nebo kladívky a ty narážejí do povrchu materiálu. Pro rychlejší čištění můžeme použít speciální brusku s ohebnou hřídelí se speciálními rotačními kladívkovými kotouči. [7]

Vodní paprsek je technologie k odstranění hrubých nečistot a starých nátěrů. Čistí se proudem vody pod vysokým tlakem. [7]

Opalování plamenem se využívá k odstranění rzi. Materiál je zahříván speciálním hořákem čímž se rez uvolňuje a tlakem plynu je odfukována. [7]

2.2 Chemické úpravy povrchu

Chemickými úpravami odstraňujeme nečistoty, které jsou vázány chemickými nebo fyzikálními vazbami. Chemicky vázané nečistoty jsou produkty koroze, rzi, okuje a odstraňují se mořením nebo mechanickým čištěním. Ulpělé nečistoty jsou různé mastnoty, zbytky leštících a brusných past nebo zachycený prach. Tyto nečistoty se odstraňují odmašťováním. [1, 7]

2.2.1 Odmašťování

Technologie odstraňování ulpělých nečistot z povrchu a zajištění přilnavosti povlaku. Nečistoty mohou být vázány fyzikální adsorbci (tuky) nebo adhezními silami (prach, kovové třísky). [1]

Odmašťování dle odmašťovacího prostředku:

- v alkalických roztocích
- v organických rozpouštědlech s ohledem na vyhlášku EU
- v neutrálních roztocích
- elektrolytické odmašťování
- emulzní odmašťování
- opalování
- vysokotlaké kapalinné odmašťování [1]

Dle způsobu aplikace technologie:

- odmašťování ponorem
- odmašťování postřikem
- odmašťování v parách
- odmašťování elektrolytické
- odmašťování ultrazvukem
- odmašťování mechanické a tepelné [7]

Odmašťování v alkalických roztocích je složitý proces. Živočišné a rostlinné tuky se neutralizují a přejdou do roztoku ve formě rozpustných mýdel. Olej, vazelíny a tuky obecně minerální oleje se odmašťují za zvýšené teploty tak, že se emulgují ve formě kapek do odmašťovadla. Po odmaštění přichází oplach vodou kvůli odstranění zbytků nečistot a odmašťovadel. [1, 2, 7]

Odmašťování v organických rozpouštědlech je velmi rozšířená metoda, používá se tam, kde nelze použít odmašťování v alkalických roztocích (některé barevné kovy). Použití je ale omezeno jen pokud je nezbytně nutné z důvodu ochrany životního prostředí. Odmašťování pro předběžné čištění od vrstev olejů, tuků nebo při členitém povrchu součástí. [1, 2]

Elektrolytické odmašťování funguje na stejném principu, jak alkalické odmašťování jen je tu použit navíc elektrický proud. Dělíme na katodické, anodické a katodicko-anodické. [1]

2.2.2 Moření

Moření odstraňuje chemickým nebo elektrochemickým způsobem s pomocí kyselin rzi, okuje z povrchu materiálu. Nejčastěji používáme kyselinu sírovou (H_2SO_4), fosforečnou (H_3PO_4) a chlorovodíkovou (HCl). Vliv na moření má druh, koncentrace a čistota použité kyseliny. Mořit můžeme ponorem, postřikem nebo pomocí past. [1, 2]



Obr. 10 - Mořící lázeň [12]

3 POVLAKY A VRSTVY

Povlaky a vrstvy chrání povrch před okolními vlivy prostředí, zlepšují vlastnosti povrchu jako je otěruvzdornost, ochrana proti korozi a také úprava vzhledu. Vytváříme nové povlaky a povrchové vrstvy nebo můžeme upravit stávající vrstvy tak aby byla zaručená požadovaná funkčnost a životnost. Povrchové vrstvy vytváříme cementováním nebo nitridací. Povlaky vytváří na původním povrchu nové vrstvy. Můžeme vytvářet i duplexní systémy (kombinované povlaky), které můžeme nejčastěji vytvářet žárovým zinkováním a nátěrovými hmotami. [1]

Povlaky a povrchové vrstvy rozdělujeme do dvou základních kategorií podle charakteru výsledné vrstvy na organické a anorganické. Nejpoužívanější organické povlakování je ochrana nátěrovými hmotami, které oddělí povrch součásti od okolního prostředí. Anorganické povrchové vrstvy a povlaky můžeme rozdělit na technologie kovové a nekovové. Do technologie nekovových patří anorganické nátěry, smaltování, konverzní povlaky a do kovových plátování, navařování, žárové nástřiky, pokovování. [1]

3.1 Anorganické povlaky a povrchové vrstvy

3.1.1 Kovové povlaky a vrstvy

Pro kovové povlaky a vrstvy se využívá velká řada kovů od ušlechtilých až po méně ušlechtilé. Pokovování rozdělujeme na galvanické, bezproudové, ve vakuu, difuzní, pomocí roztaveného kovu. [1]

Galvanické mědění slouží při ochranném nebo dekorativním pokovování (stříbření, cínování, niklování) jako mezivrstva, při cementování oceli jako ochranná vrstva nebo jako dekorativní vrstva, při které se musí povlak chránit nátěrem proti korozi. Využívá se kyselých a kyanidových lázní. Galvanické mosazení se využívá pro zlepšení přilnavosti pryže k oceli nebo při výrobě galanterních předmětů. Dochází k vytváření tenkých vrstev v kyanidových lázních. Galvanické zinkování využívá alkalických, kyselých, kyanidových nebo bezkyanidových lázní a chrání povrch materiálu proti korozi. Galvanické niklování vytváří ochranný povlak na oceli, mědi a jejich slitinách. Galvanické chromování zlepšuje vzhled materiálu, tvrdost a odolnost proti korozi. [1, 7]

Bezprroudové pokovování vylučuje kov elektrochemicky bez vnějšího zdroje proudu. Materiál, který je pokovován má rozdílný elektrochemický potenciál než roztok soli vylučovaného kovu. Principem bezprroudového pokovování je vylučování ušlechtilějšího kovu na povrch méně ušlechtilého. Výhodou je jednoduchost zařízení, jeho účinnost a technologický postup. Nevýhodou je rychlost procesu oproti galvanickému pokovování. Používáme bezprroudové niklování, mědění a stříbření. [1, 7]

Pokovování v roztavených kovech jako je zinek, cín a hliník. Tyto povlaky chrání materiál proti korozi a dodávají povrchu lesk. Difuzní pokovování využívá zinek, hliník a chrom. Při difuzním chromování a zinkování se využívá přímého styku kovových částic s povrchem základního materiálu. [1]

Metalizace tzv. žárový nástřik je tepelně mechanický proces, při kterém dochází k vytvoření ochranného povlaku za předpokladu dodání dostatečné kinetické energie nataveným částicím kovu a jejich převedení na připravený povrch kovu. Povlak je odolný proti korozi, žáruvzdorný, tvrdý a odolný vůči opotřebení. Nástřik je proveden roztaveným kovem, práškovým kovem nebo drátovou pistolí. [1]

3.1.2 Nekovové povlaky a vrstvy

Nekovové anorganické povlaky a vrstvy nejčastěji fungují na principu bariérové ochrany případně na principu změny korozní odolnosti. Rozlišujeme vazby podle toho, jak byl povlak nebo vrstva vytvořeny na vazby fyzikální, chemické nebo mechanické. Nekovové povlaky a vrstvy můžeme vytvořit např. smaltováním, nátěrem nebo konverzním povlakem. [2, 7]

Smaltováním vytváříme souvislou, bariérovou, izolační vrstvu, která je vysoce odolná proti otěru, vysokým teplotám, korozi. Současně tato vrstva může plnit i dekorační funkci. Smalty dělíme na základní, krycí a jednovrstvé (přímé). Základní smalt se natavuje přímo na kov a stává se mezivrstvou mezi kovem a povlakem. Krycí smalt se natavuje na základní povlak. Rozdělujeme krycí smalty na zakalené, polotransparentní a transparentní. Přímé smalty jsou speciální typy základních nebo krycích smaltů. Umožňují vytvoření smaltové vrstvy v jednom kroku. [1, 2, 7]

Konverzní povlaky vznikají reakcí základního materiálu s chemickým roztokem. Využívá se hlavně při protikorozní ochraně a zlepšení přídržnosti dalších povlaků. Oxidace kovů (barvení) patří k nejstarším způsobům ochrany. Při zvýšené teplotě vytvoříme ohřevem oxidickou vrstvičku, která může mít různou tloušťku. [7]

Anorganické nátěry aplikujeme stříkáním nebo natíráním. Jako katodická ochrana se používají nátěry s vysokým obsahem zinku 90-95 % s křemičitanem olovnatým, který je použit jako pojivo. [7]

3.2 Organické povlaky a povrchové vrstvy

Organické povlaky na bázi nátěrových hmot a plastů zvyšují ochranu proti korozi a tím i životnost materiálu. Nejběžnější a nejvýhodnější je ochrana nátěrem, který zamezuje přístup vody a agresivních složek k povrchu materiálu. Povlaky z plastických hmot musí být zcela bezpórovité jelikož jejich mechanismus je bariérový, neobsahují antikorozní pigmenty. [1]

3.2.1 Nátěrové hmoty

Nejvyužívanější protikorozní ochrana, která je vytvářena pomocí nátěrů. Nátěr je ucelený povlak o jedné nebo více vrstev, který vybíráme podle prostředí, jakému bude součástí vystavena a jakou má mít životnost. Nátěrové hmoty mohou být různého složení a druhů, které jsou nanášeny v tekutém nebo těstovitém stavu. Mohou být transparentní – průhledný lak nebo pigmentované – neprůhledný tmel, barva, email. [1]

Rozdělení podle účelu nátěru:

- ochranný nátěr
- dekorativní nátěr
- signální nátěr - bezpečnostní
- maskovací nátěr
- speciální nátěr [1]

Rozdělení podle funkce a pořadí:

- napouštěcí
- základní
- vyrovnávací
- podkladové
- vrchní [7]

3.2.1.1 Složení nátěrových hmot

- Filmotvorné složky

Filmotvorné složky jsou netěkavé organické látky, které mají schopnost vytvořit tenký souvislý film, tak že navazují plniva a pigmenty. Vlastnosti těchto látek mají rozhodující vliv na účinnost a životnost nátěrů. Můžeme je označit názvem pojiva, které mají různá chemická složení a fyzikální vlastnosti. Mezi filmotvorné látky můžeme zařadit vysychavé oleje, přírodní i umělé živice, deriváty celulózy a kaučuku, asfalty. [1, 7]

- Pigmenty

Pigmenty mohou být organické nebo anorganické jemné rozptýlené částičky v pojivu. Zajišťují nátěrům neprůhlednost, barevný odstín, tvrdost, zvyšují odolnost proti korozi. Podle funkce dělíme na:

- Inhibitorové pigmenty – hlavně pro základové nátěrové hmoty. Ochrana pasivací povrchu, regulací pH.
- Neutrální pigmenty – při výrobě vrchních nátěrů. Zlepšují fyzikální vlastnosti nátěrů.
- Stimulující pigmenty – využití na pigmentaci vrchních ochranných nátěrů, urychlují korozi. [1, 7]

- Plnidla

Plnidla slouží k úpravě technologických vlastností nátěrů. Je to minerální prášek rozemletý živec, mastek nebo křída, který je nerozpustitelný v pojivech. [1]

- Rozpouštědla

Jsou to těkavé kapaliny nebo směsi tekutin, které se používají k rozpouštění pojiv a k převedení filmotvorné složky do roztoku. Pokud upravujeme viskozitu, používáme ředidlo. Nejběžnější rozpouštědla jsou terpentýnová silice, toluen, benzen, benzín, etylalkohol, aceton, glykoletér. [1]

- Aditiva

Aditiva jsou přísady, které dopomáhají vhodně upravit fyzikální a technologické vlastnosti nátěrových hmot. Příkladem aditiv jsou sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla apod. [7]

3.2.1.2 Značení nátěrových hmot

Nátěrové hmoty se značí dle ČSN 673067, kde první písmeno označuje druh nátěrové hmoty (tab. 1). Další je čtyřčíslí, které určuje druh nátěru (tab. 2), poté čtyřčíslí určující barevné označení, kde první číslice je tón barvy a druhá sytost (tab. 3). [1, 7]

Tab. 1 - Písemné označení nátěrových hmot [7]

Označení	Druh nátěrové hmoty
A	Asfaltové
B	Polyesterové
C	Celulózové
E	Práškové
H	Chlórkaučukové
K	Silikonové
L	Lihové
O	Olejové
S	Syntetické
U	Polyuretanové
V	Emulzní, vodové
P	Pomocné

Tab. 2 - Číselné označení nátěrových hmot [7]

Označení	Druh nátěrové hmoty
1000	Fermeže
2000	Pigmentované
3000	Pasty
4000	Nástřikové hmoty
5000	Tmely
6000	Ředidla
7000	Sušidla, tužidla, katalyzátory
8000	Pomocné přípravky

Tab. 3 - Barevné označení nátěrových hmot [1]

Označení	Název barvy
0000 - 0999	Bez barvy
1000 - 1999	Šedá
2000 - 2999	Hnědá
3000 - 3999	Fialová
4000 - 4999	Modrá
5000 - 5999	Zelená
6000 - 6999	Žlutá
7000 - 7999	Oranžová
8000 - 8999	Červená
9000-9999	Ostatní

3.2.1.3 Nanášení nátěrových hmot

Správná volba technologie nanášení nátěrových hmot ovlivňuje jakost a životnost nátěru. Existuje mnoho způsobů jak aplikovat nátěrové hmoty. Při výběru musíme přihlížet hlavně k povaze nátěrové hmoty, každý způsob má své výhody a nevýhody. Vybíráme hlavně podle velikosti a tvaru součásti, výsledné požadované vlastnosti nátěru, podle kvality povrchu materiálu, vlastností použitých nátěrových hmot a nakonec podle ekonomičnosti technologie. [1, 2, 7]

Nanášet nátěroví hmoty můžeme pomocí štětce, který patří mezi nejstarší způsoby nanášení. Dále můžeme nanášet navalováním, tato metoda je vhodná pro rovinné plochy. Princip technologie namáčením je, že se daný předmět ponoří do nádrže s nátěrovou hmotou. Nanášení poléváním je obdoba technologie namáčením. Dále můžeme nátěrové hmoty pneumaticky, vysokotlance stříkat nebo nanášet pomocí elektrických sil. [1, 2, 7]

4 KONTROLA JAKOSTI POVLAKU

Aplikovaný povlak na materiál musí splňovat určité požadavky, jako je např. korozní odolnost, životnost, vzhled nebo funkčnost povlaku. Proto je kontrola jakosti nedílnou součástí výrobního procesu. Kontrolu můžeme provádět mezi operacemi nebo na výstupní kontrole (konec technologického procesu). [7]

4.1 Vzhled a čistota povrchu

Povrch materiálu se převážně, ve většině případů zkoumá vizuálně. Touto metodou se nejčastěji určuje odlupující se povlak, puchýře, různé póry a trhliny, průnik koroze a další poškození nebo nečistoty povlaku. Výsledky kontroly se vyjadřují číselně a to procenty vadné plochy nebo počtem vad. [7]

4.2 Přílnavost povlaku

Značné závisí na přípravě povrchu materiálu před aplikací povlaku (odmaštění, očištění). Přílnavost je výsledkem mechanickým a adhezních sil vztaženými na jednotku plochy, kterými je povlak poután k povrchu základního materiálu. [16]

K určení přílnavosti organických nátěrů se nejčastěji využívá mřížková zkouška. Principem této zkoušky je, že pomocí mřížkové šablony se prořízne povlak, který se následně přelepí lepicí páskou. Páska se odtrhne a je zkoumáno kolik nátěrové hmoty se oddělilo od povrchu materiálu. [16]

Další využívanou zkouškou je zkouška křížovým řezem. Postup je stejný jako u mřížkové zkoušky jen se využívá šablona, ve které vedeme řez ve tvaru X. Řezy by měli mezi sebou svírat úhel 30-45°. [16]

Vyhodnocení obou zkoušek probíhá podle normy ČSN EN ISO 16276

5 KOROZE

Znehodnocení materiálu korozí dochází tehdy, pokud působí na nechráněný povrch materiálu chemické nebo fyzikální prostředí. Dochází k úbytku materiálu a tím porušení integrity kovu. [1]

Hlavní činitelé vzniku koroze:

- materiál, ze kterého je zhotoven předmět
- prostředí, ve kterém se nachází daný předmět
- povrchová úprava daného předmětu [7]

Proti korozi můžeme materiál chránit různými způsoby:

Vhodná volba materiálu je první způsob ochrany proti korozi. Při volbě správného materiálu musíme znát prostředí, podmínky a parametry provozu. Vycházíme z korozní agresivity prostředí, která má 6 stupňů viz tab. 4. [1]

Změnou agresivity prostředí – změnu můžeme docílit použitím inhibitoru koroze nebo odstraněním agresivních složek z prostředí (např. vlhkost). [13]

Materiál můžeme ochránit před korozí i vytvořením povrchové vrstvy ať kovové či nekovové. [13]

Tab. 4 - Agresivita prostředí [17]

Stupeň	Agresivita	Příklad
C1	Velmi nízká	Uzavřené klimatizované místnosti
C2	Nízká	Prostory s občasou kondenzací
C3	Střední	Odpovídá suchým klimatům
C4	Vysoká	Vlhké oblasti
C5	Velmi vysoká	Průmyslové prostředí
CX	Extrémní	Přímořská oblast

6 NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

a) Příprava vzorků před aplikací povlaku

Měření drsnosti povrchu vzorků – vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 4287

Měření povrchového napětí

Odmaštění

Měření drsnosti povrchu vzorků po odmaštění – vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 4287

b) Stanovení zaprášení povrchu – vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 8502-3

HP – Zinkový prach

VP – Zinkový prach s více nečistotami

c) Zaprášení povrchu - postup dle ČSN EN ISO 8502

d) Aplikace a měření tloušťky nátěru

Měření mokré tloušťky – vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 2808

Měření suché tloušťky nátěru - vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 2808

e) Zkoušky přilnavosti

Křížový řez – vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 16276-2

Korozní zkouška - v solné korozní komoře dle ČSN EN ISO 9227

Křížový řez po korozní zkoušce - vyhodnocení a postup dle ČSN EN ISO 16276-2

7 POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

7.1 Příprava vzorků před aplikací povlaku

Pro experimentální část práce bylo připraveno 18 vzorků obdélníkového tvaru o rozměrech 102 x 152 mm, dodaných od firmy LABIMEX CZ s.r.o. Vzorky jsou vyrobeny z válcované oceli Standart typ R-46, které byly označeny čísla 1 až 18 pro přehlednost.

7.1.1 Měření drsnosti povrchu vzorků

Měření proběhlo pomocí profilometru Mitutoyo SJ-301 v souladu s normou ČSN EN ISO 4287. Přístroj byl seřízen pro standardní měření ISO 1997. Provedlo se šest měření a to tři v příčném směru a tři v podélném směru na pěti vzorcích – vzorek 1, 5, 10, 14, 18. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tab. 5.



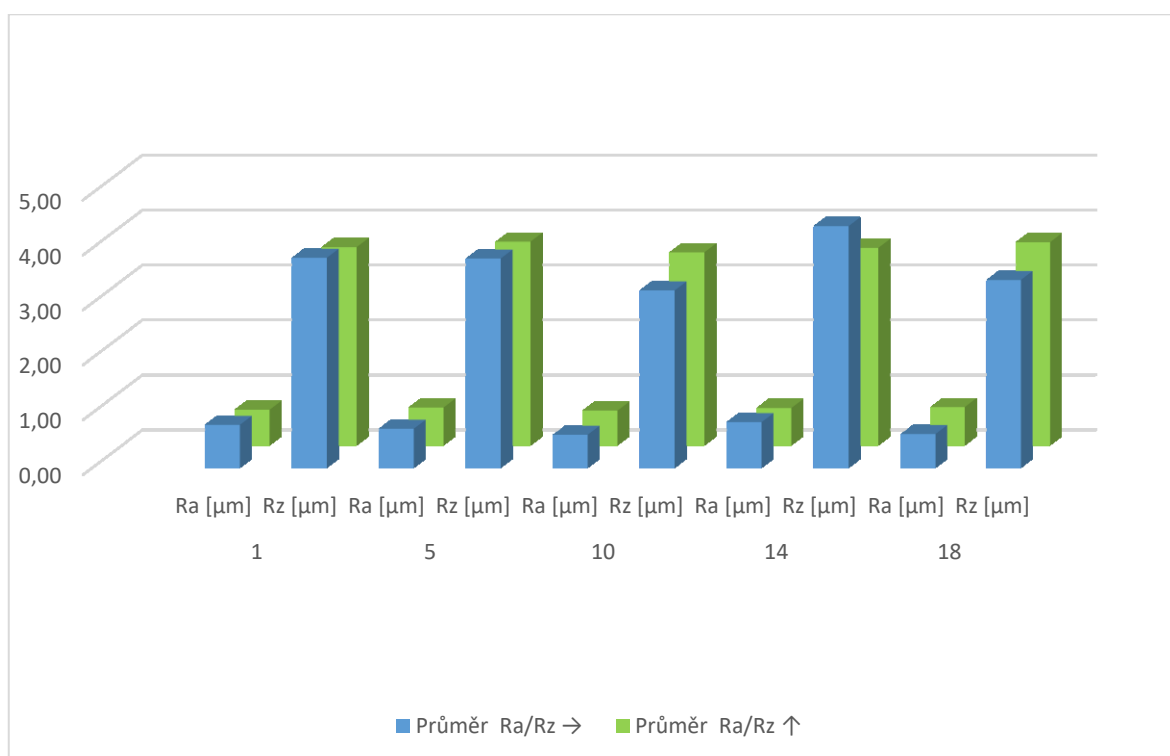
Obr. 11 - Profilometr MITUTOYO SJ-301

Měření drsnosti kontrolních vzorků $\lambda_c = 0,8$, $L = 4 \text{ mm}$

Tab. 5 - Naměřené hodnoty drsnosti zkušebních vzorků

vzorek		1		5		10		14		18	
		Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]
Příčně →	1	0,75	3,88	0,65	3,8	0,57	3,34	0,87	4,4	0,62	3,76
	2	0,78	3,8	0,78	3,99	0,64	3,34	0,77	4,29	0,6	3,2
	3	0,83	3,8	0,72	3,65	0,61	3,02	0,87	4,52	0,64	3,31
Podélně ↑	1	0,61	3,72	0,66	3,41	0,68	3,66	0,62	3,98	0,69	3,91
	2	0,69	3,69	0,73	3,5	0,66	3,52	0,75	3,72	0,62	3,25
	3	0,66	3,42	0,69	4,22	0,57	3,37	0,68	3,09	0,79	3,94
Průměr Ra/Rz →		0,79	3,83	0,72	3,81	0,61	3,23	0,84	4,40	0,62	3,42
Průměr Ra/Rz ↑		0,65	3,61	0,69	3,71	0,64	3,52	0,68	3,60	0,70	3,70

Graf 1 - Průměrné hodnoty Ra a Rz



7.1.2 Měření povrchového napětí

Povrchové napětí bylo měřeno z důvodu zjištění čistoty povrchu materiálu a tím povrchové napětí. K tomuto měření byl použit inkoust Arcotest 38 mN/mm. Inkoust byl nanesen na kontrolní vzorky. Časový limit byly 4 s, kdy do této doby se inkoust nesměl slít do kapek.



Obr. 12 - inkoust Arcotest 38 mN/m

. Z Obr. 14 můžeme určit, že povrchové napětí je stejné nebo vyšší jak 38 mN/m. Povrchové napětí ocelových zkušebních vzorků bylo tedy uspokojivé.



Obr. 13 - Nanesení inkoustu na zkušební vzorky

7.1.3 Odmaštění

Vzorky byly po jednom odmašťovány ponorem ve stoprocentním odmašťovacím roztoku EXTREME SIMPLE GREEN po dobu 5 minut. Poté byly vzorky opláchnuty ve vodě a dány do sušící pece. Před zahájením a po ukončení procesu bylo změřeno pH a teplota odmašťovacího roztoku i oplachové vody pomocí přístroje EUTECH INSTRUMENTS pH METS, které jsou uvedeny v tab. 6.



Obr. 14 - Přístroj EUTECH INSTRUMENTS

Tab. 6 - Naměřené hodnoty pH a teploty

	Odmašťovací roztok		Oplachová voda	
	pH	T [°C]	pH	T [°C]
Před odmaštěním	10,15	22,19	7,76	23,70
Po odmaštění	10,60	22,10	7,00	33,80

7.1.4 Měření drsnosti povrchu vzorků po odmaštění

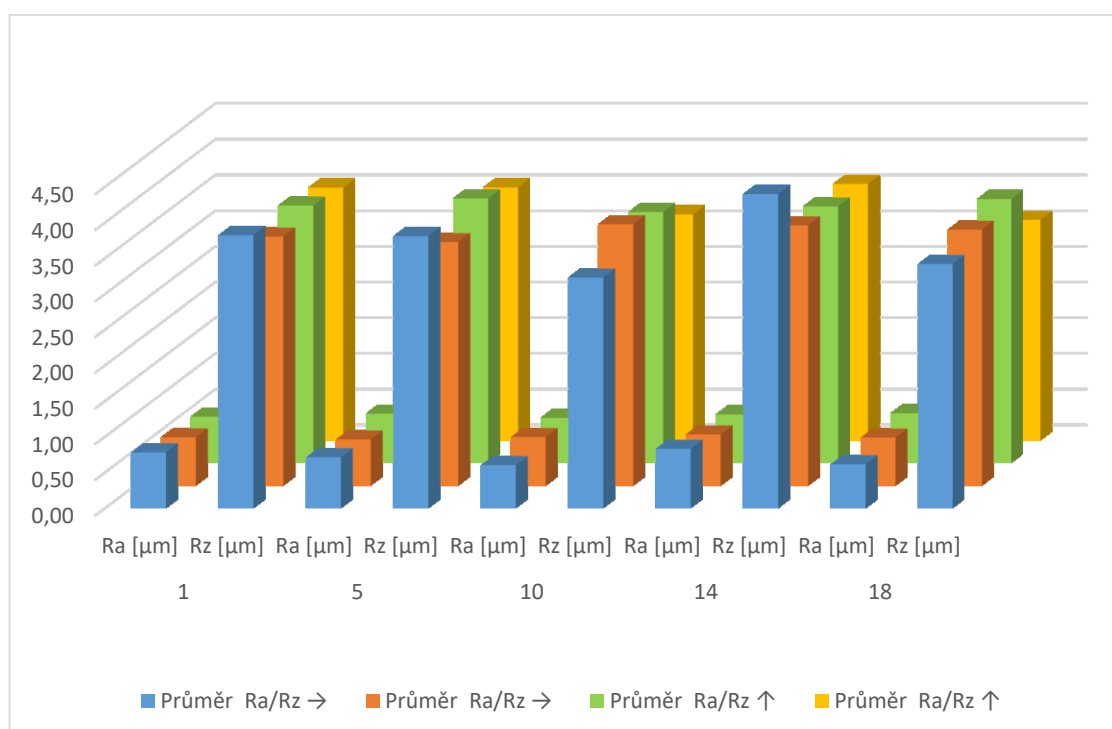
Postupovalo se stejným způsobem jak u předešlého měření. Měřením bylo zjištěno, že po odmaštění se na většině vzorků snížily průměrné hodnoty Ra i Rz.

Tab. 7 – Naměřené hodnoty drsnosti povrchu kontrolních vzorků po odmaštění

vzorek		1		5		10		14		18	
		Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]
Příčně →	1	0,74	3,69	0,61	3,54	0,73	3,84	0,73	3,97	0,73	3,78
	2	0,71	3,6	0,73	3,54	0,71	3,71	0,76	3,62	0,65	3,58
	3	0,59	3,18	0,61	3,16	0,61	3,44	0,67	3,35	0,65	3,4
Podélně ↑	1	0,59	2,97	0,62	3,25	0,56	3,09	0,7	3,59	0,53	3,22
	2	0,77	4,25	0,6	3,78	0,7	3,56	0,6	3,85	0,55	2,95
	3	0,62	3,41	0,61	3,61	0,5	2,85	0,6	3,35	0,58	3,11
Průměr Ra/Rz →		0,68	3,49	0,65	3,413	0,68	3,663	0,72	3,65	0,68	3,59
Průměr Ra/Rz ↑		0,66	3,54	0,61	3,547	0,59	3,167	0,633	3,6	0,55	3,09

Průměrně naměřené hodnoty před a po odmaštění

Graf 2 – Porovnání průměrných naměřených hodnot Ra, Rz



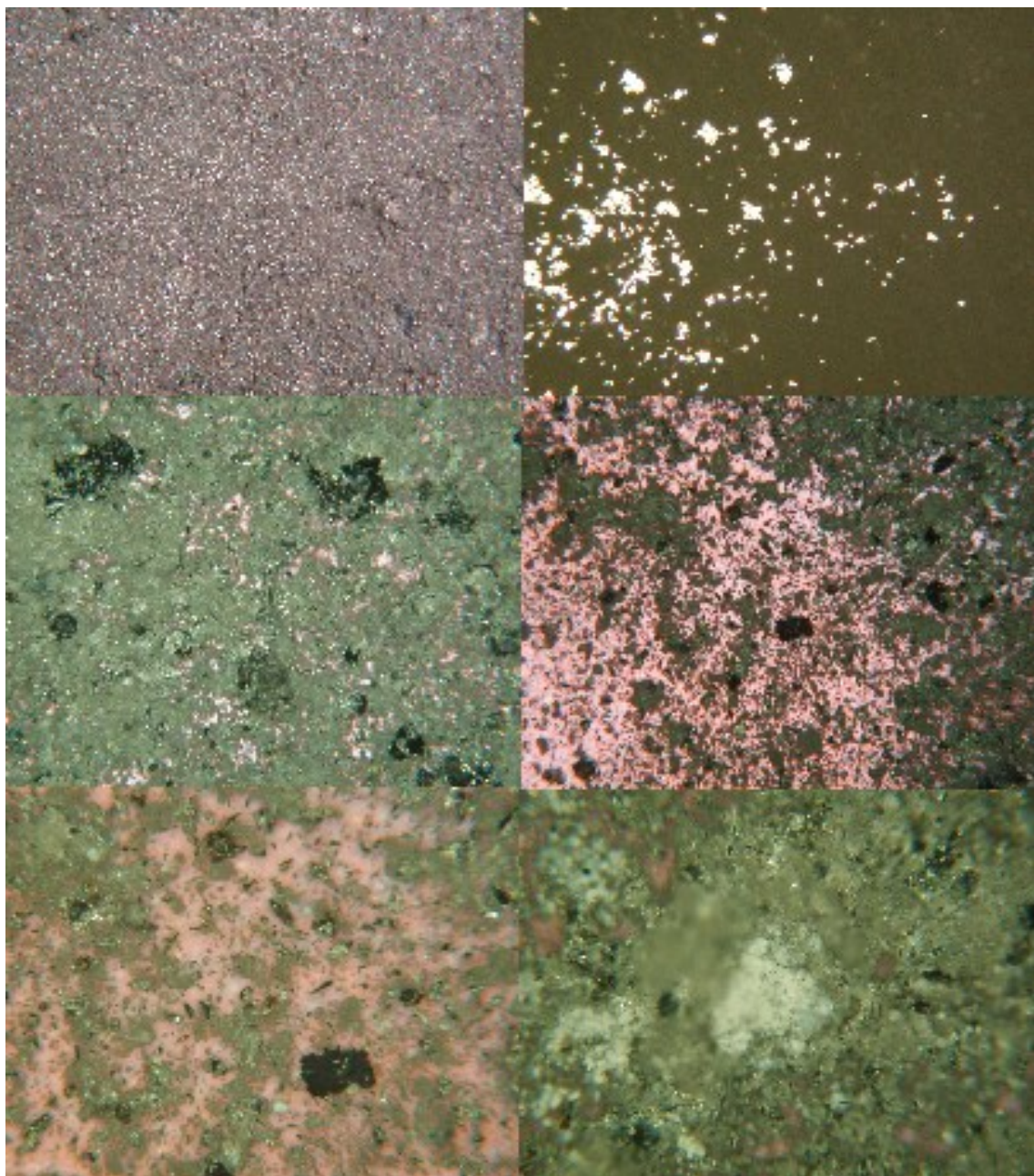
7.2 Stanovení zaprášení povrchu

Cílem této zkoušky bylo zajistit množství prachových částic a třídy velikosti na stupeň 5. Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou) – vyhodnocení a postup podle ČSN ISO 8502-3.

Pro tuto zkoušku byly použity dva druhy zinkového prachu, označenými VP (obr. 15) a HP (obr. 16), které nebyly blíže specifikovány. Vzorky prachů byly odebrány a analyzovány na metalografickém světelném mikroskopu CARL ZEISS NEOPHOT 2. Šířka záběru 5 mm při zvětšení 20x, 2 mm při zvětšení 50x a 1 mm při zvětšení 100x.



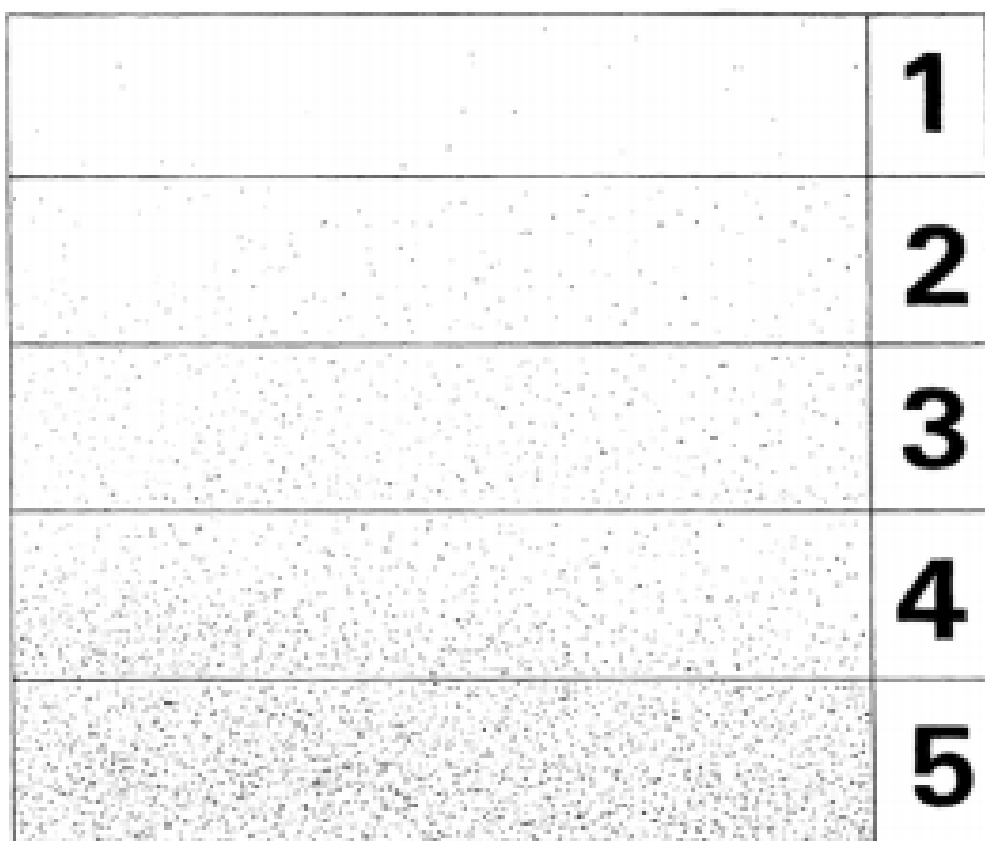
Obr. 15 – Zinkový prach VP při zvětšení 20x, 50x, 100x



Obr. 16 – Zinkový prach HP při zvětšení 20x, 50x, 100x

Dva vybrané vzorky byly vloženy do plechové vaničky, aby se prach nerozšířil po laboratoři. Nejdříve byl zasypán jeden vzorek HP prachem. Prach byl prosíván přes sítko. Poté byla nalepena vysoce adhezivní samolepící páska šířky 25 mm, která byla řádně přitlačena. Následně byla páska odstraněna pod úhlem 180° a nalepena na bílý list papíru. Totéž jsme opakovaly pro prach VP. Pro hodnocení bylo dostačující jedno měření z každého prachu.

Vyhodnocení zkoušky bylo provedeno vizuálně a výsledky byly srovnány se stupnicemi na obr. 17, 18. Výsledky zkoušky jsou zaznamenány v tab. 8.





Obr. 17 - Stupnice vyhodnocení množství prachových částic [15]

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10 x
1	Částice viditelné při zvětšení 10 x, ale ne prostým okem (obvykle částice 0,05 mm v průměru).
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 0,05 mm až 0,10 mm v průměru).
3	Částice jasně viditelné prostým okem (Částice od 0,5 mm v průměru).
4	Částice mezi 0,5 a 2,5 mm v průměru.
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru.

Obr. 18- Třídy velikosti prachových částic [15]

Tab. 8 - Vyhodnocení prachové zkoušky

Typ prachu	Páska na bílém papíru	Velikost prachových částic	Množství prachových částic
HP		5	5
VP		5	5

7.3 Zaprášení povrchu

Nejprve byly zjištěny kinematické podmínky v laboratoři pomocí vlhkoměru/teploměru ELCOMETER 319. Před samotným zaprášením jsme musely aplikovat přehřev vzorků v peci na teplotu 40 °C, vzorky byly ponechány v peci 15 minut. Zaprášení vzorku proběhlo stejně jako u zkoušky pro hodnocení zaprášenosti povrchu.

Kinematické podmínky:

Relativní vlhkost vzduchu – 41,4 %

Teplota rosného bodu – 9,4 °C

Teplota vzduchu - 23,2 °C

Teplota povrchu – 40 °C

Přehřáté vzorky byly zaprášeny:

Vzorky 1-6 – na povrch byl nanesen zinkový prach s označením VP

Vzorky 7-12 – na povrch byl nanesen zinkový prach s označením HP

Vzorky 13-18 – nebyl na povrch nanesen prach

7.4 Aplikace a měření tloušťky nátěru

Na všechny vzorky byl aplikován vodou ředitelný transparentní nátěr NOVAX. Nátěr byl zředěn v poměru 10:1 (nátěr : voda). Nátěr byl aplikován vysokotlakým nástřikem, který byl natlakován na 0,21 MPa, tryska 1,3 mm. Mokrý tloušťka nátěru 150 μm .

Mokrý tloušťka nátěru byla měřena podle normy ČSN ISO 2808 pomocí zubové měrky BASTRO pro měření mokré tloušťky nátěru. Pomocí této měrky byla měřena tloušťka mokrého nátěru, která se musela pohybovat kolem 150 μm . Čistá měrka byla přiložena ihned po aplikaci nátěru kolmo na povrch, aby se smočily zuby měrky.



Obr. 19 - Měrka BASTRO [13]

Po aplikaci nátěru se všechny vzorky nechaly 10 minut volně schnout na vzduchu, po této době byly vzorky vloženy do pece na 80°C po dobu 30 minut. Poté byly vzorky z pece vytaženy a chladly volně na vzduchu.


Suchá tloušťka nátěru byla měřena pomocí digitálního tloušťkoměru ELCOMETER. Bylo využito 10 měření po celé ploše vzorků, kde nás hlavně zajímala průměrná, maximální a minimální tloušťka nátěru. Výsledky jednotlivých skupin vzorků jsou shrnuty v následujících tabulkách (str. 39-40).




Obr. 20 - ELEKTROMETER


Tab. 9 - Suchá tloušťka nátěru vzorků zaprášených prachem VP

	1	2	3	4	5	6
n	10	10	10	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	26,67	41,99	54,53	65,49	20,85	25,49
Maximální tloušťka [μm]	47,50	49,10	67,80	73,30	26,00	37,30
Minimální tloušťka [μm]	18,80	33,50	35,80	54,50	17,70	19,40






Tab. 10 - Suchá tloušťka nátěru vzorků zaprášených prachem HP

	Vzorky					
	7	8	9	10	11	12
n	10	10	10	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	48,07	37,88	34,57	44,97	43,11	37,72
Maximální tloušťka [μm]	66,40	44,10	40,50	55,50	48,10	45,60
Minimální tloušťka [μm]	41,10	30,00	28,10	39,10	38,40	28,40
						

Tab. 11 - Suchá tloušťka nátěru vzorků bez prachu

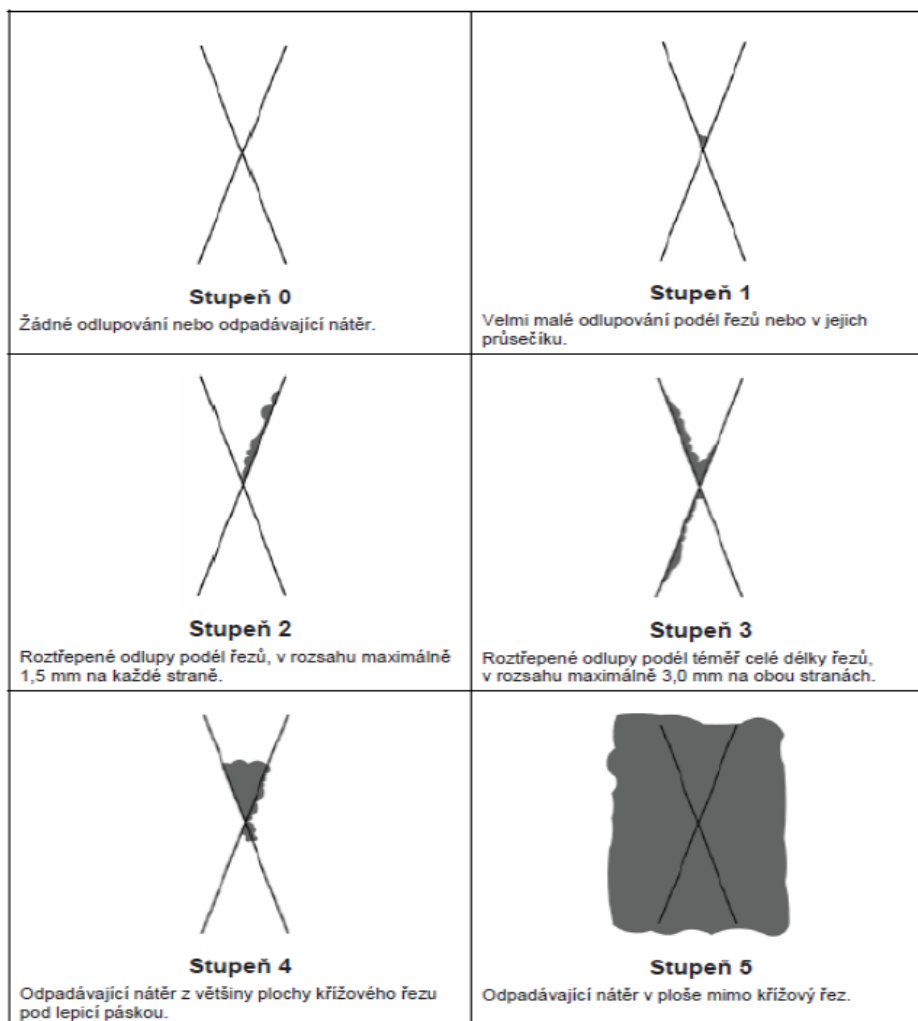
	Vzorky					
	13	14	15	16	17	18
n	10	10	10	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	39,67	44,51	57,26	48,76	52,76	79,22
Maximální tloušťka [μm]	44,30	60,90	62,70	56,40	62,10	88,60
Minimální tloušťka [μm]	36,80	37,90	51,40	43,10	47,80	67,70
						

7.5 Zkouška přilnavosti křížovým řezem

Zkouška byla provedena a vyhodnocena podle ČSN EN ISO 16276-2. Pro zkoušku byla využita víceúčelová měrka SP3000 pro křížový řez. S pomocí měrky byl proříznut řezným nástrojem nátěr ve tvaru X až na základní materiál. Na celou oblast řezu byla přilepena a pevně přitlačena lepicí páska o šířce 50 mm a délce 75 mm. Lepicí páska byla stržena pod úhlem 60° a nalepena na bílý papír.

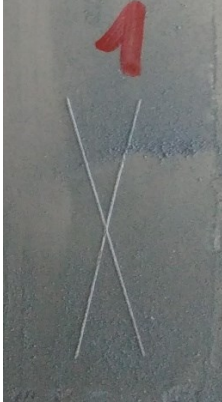
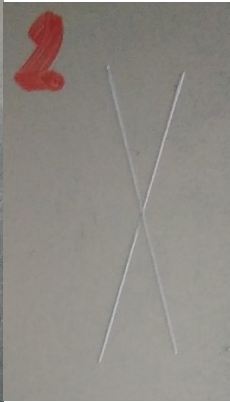



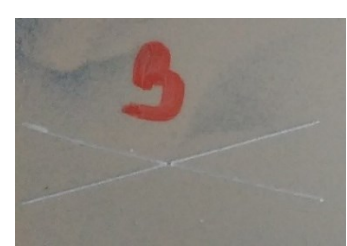

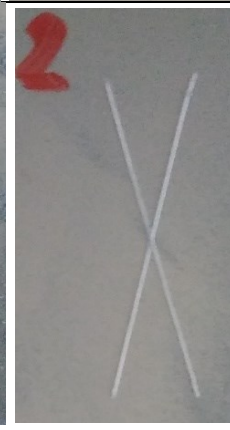
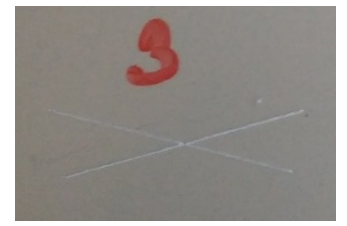

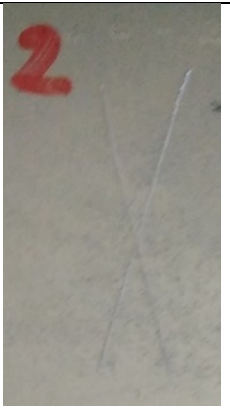
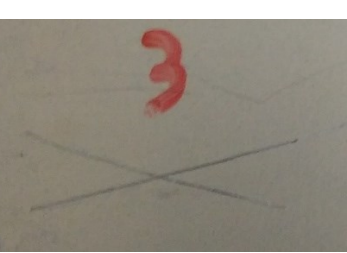
Na každém vzorku byly provedeny 3 křížové řezy. Vyhodnocení zkoušky bylo provedeno vizuálně s porovnáním s obr. 21. Všechny vzorky, které byly vyzkoušeny křížovým řezem, vykazují vynikající výsledky přilnavosti, na žádném vzorku nedošlo k odloupení nátěru (tab. 12, 13, 14).

Tato zkouška byla provedena na 4 vzorcích z každé skupiny vzorků. Zbylé vzorky byly nachystány do korozní komory.

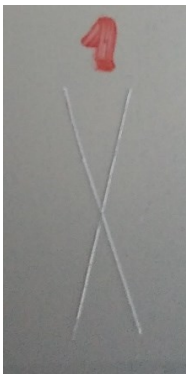
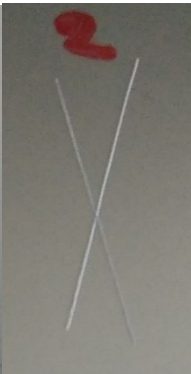
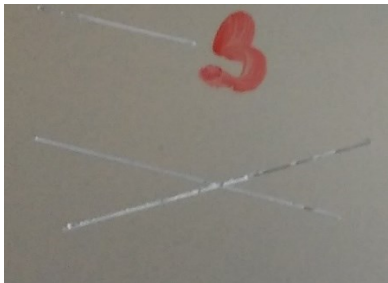
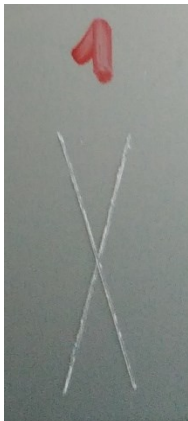
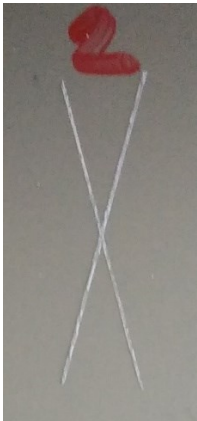
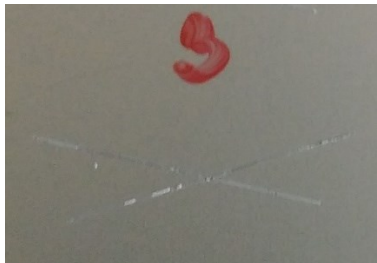
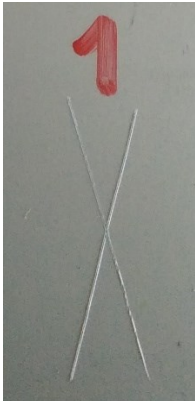
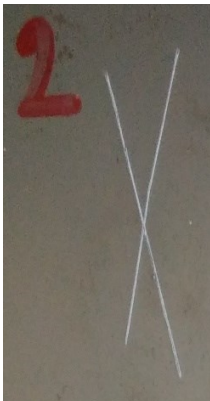

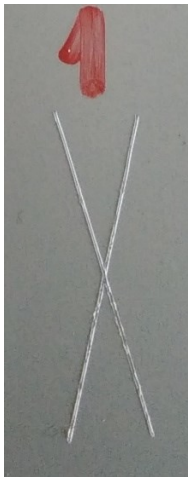
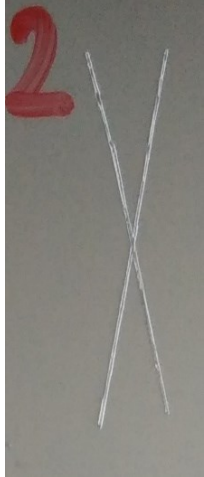
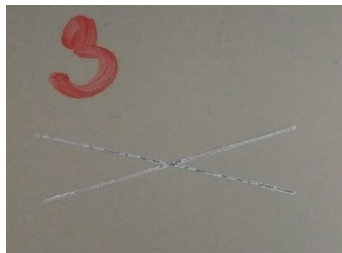


Obr. 21 - Vyhodnocení křížového řezu dle ČSN EN ISO 16276-2 [16]

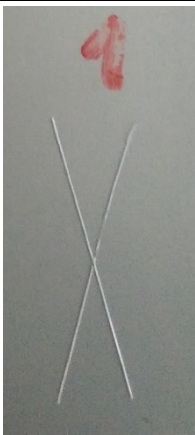
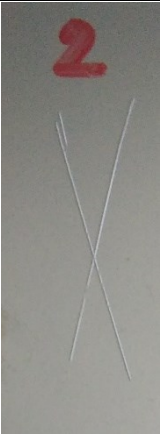
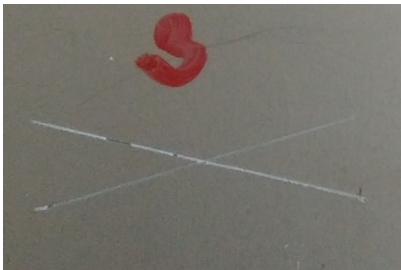
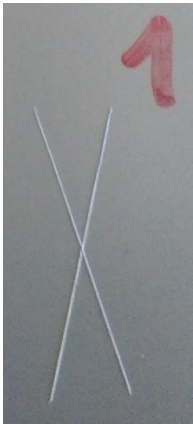
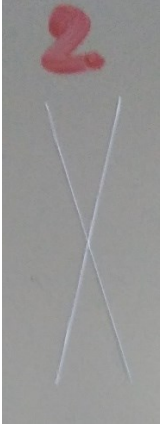

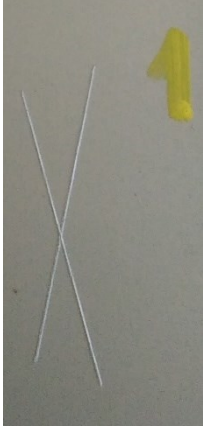
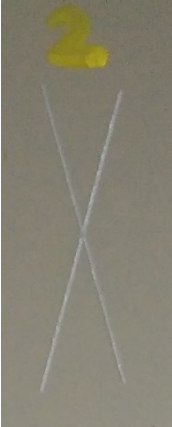
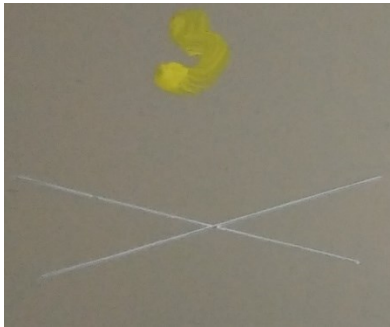
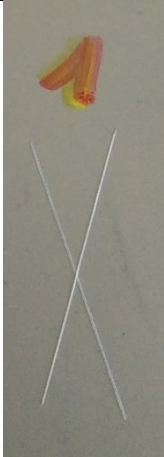
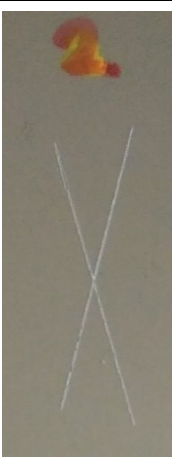
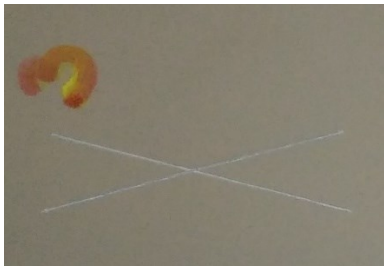
Tab. 12 – Výsledky zkoušky – vzorky s prachem VP

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
2				0	0	0
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0

Tab. 13 - Výsledky zkoušky- vzorky s prachem HP

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
8				0	0	0
9				0	0	0
10				0	0	0
11				0	0	0

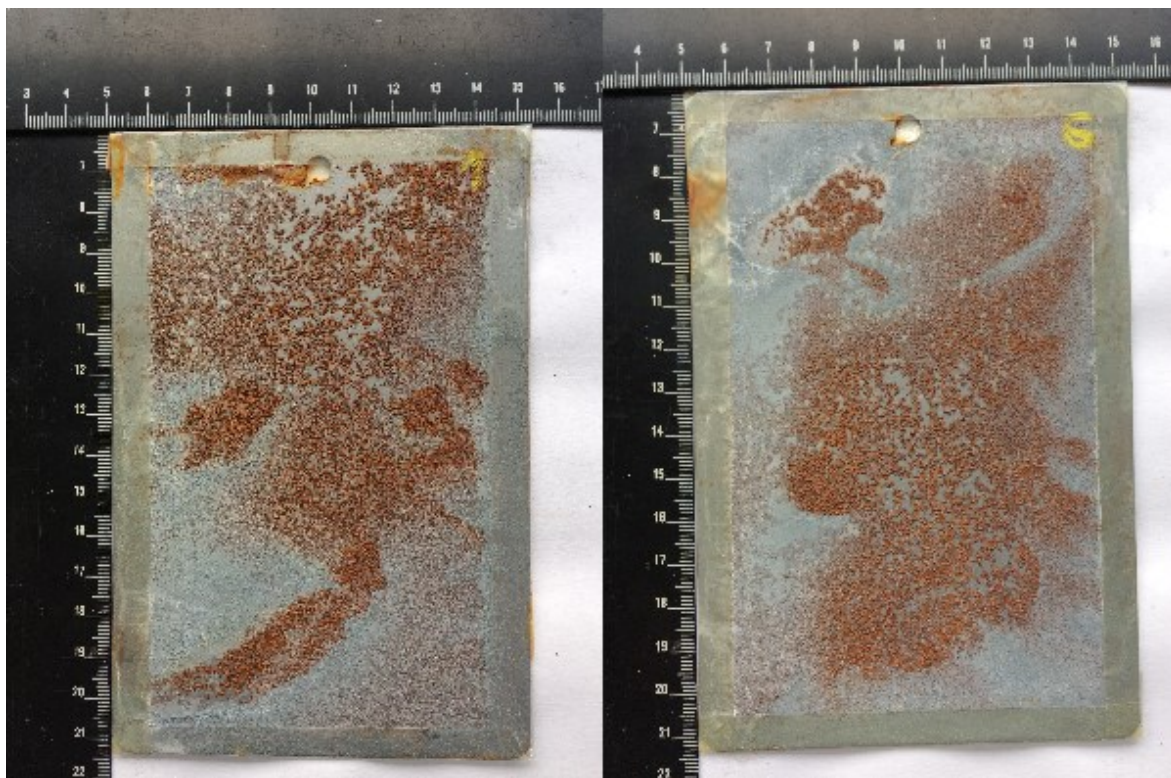
Tab. 14 – Výsledky zkoušky – vzorky bez prachu

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
14				0	0	0
15				0	0	0
16				0	0	0
17				0	0	0

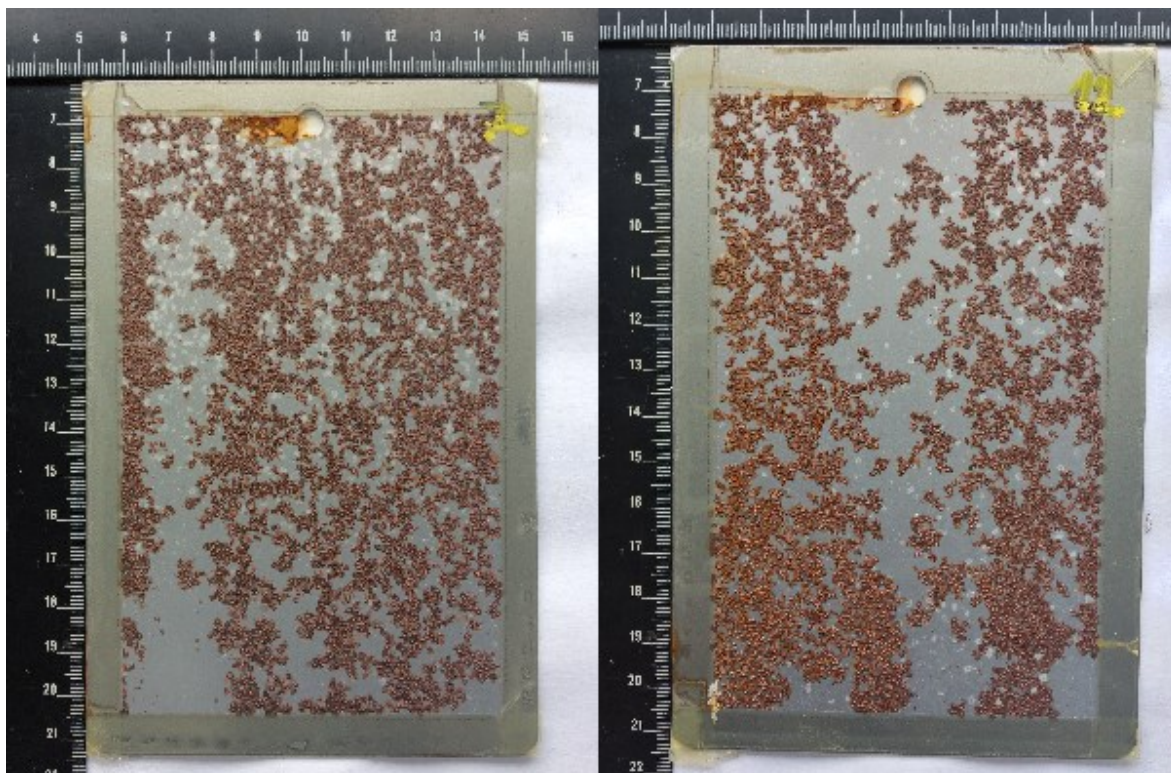
7.6 Korozní zkouška

Dva vzorky z každé skupiny, byly přichystány do korozní solné komory tak, že byly olepeny lepicí páskou na místech, kde nebyl aplikován nátěr. V korozní komoře byly vystaveny agresivnímu prostředí po dobu 26 hodin. Po 26 hodinách už na celé ploše vzorků byla patrná koroze. Ochranný nátěrový systém byl zcela prokorodovaný.

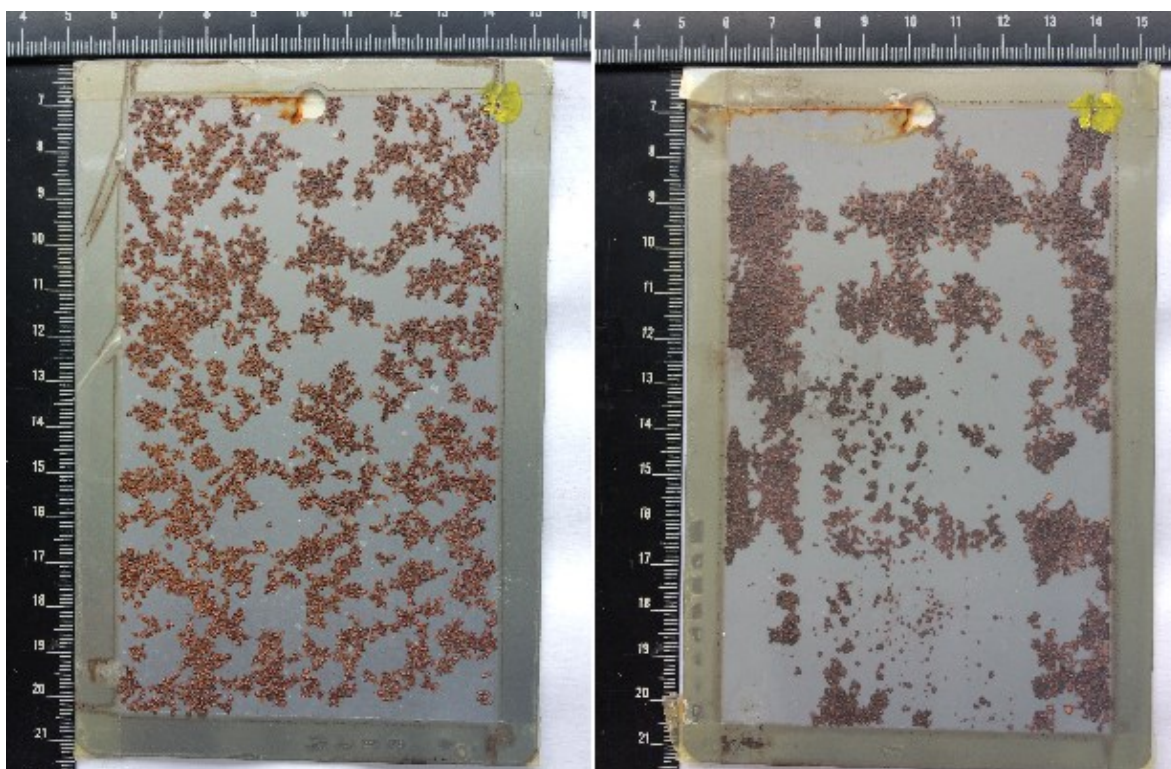
Hodnocení prorezavění a puchýřkování proběhla vizuálně při dobrém osvětlení podle obrázkových standardů popsaných v normě ČSN EN ISO 4628. Po porovnání s obrázkovými standardy se dospělo k závěru, že všechny vzorky byly na stupni Ri5 při hustotě 40-50% plochy vzorků.



Obr. 22 - Vzorky 1 a 6 vytažené z korozní komory po 26 hod.



Obr. 23 - vzorky 7,12 vytažené z korozní komory po 26 hod.









Obr. 24 - vzorky 13,18 vytažené z korozní komory po 26 hod.


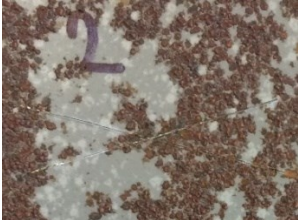




7.7 Křížová zkouška přilnavosti po korozní zkoušce

Poslední fází experimentální části bylo vyzkoušet přilnavost nátěru na vzorcích po 26 hodinách v solné komoře. Na každý vzorek byl aplikován 3x křížový řez. Postup a vyhodnocení dle ČSN EN ISO 16276-2.

Tab. 15 – Výsledky zkoušky – vzorky s VP prachem

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
1				0	5	0
6				5	0	4

Tab. 16 - Výsledky zkoušky - vzorky s HP prachem

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
7				0	0	0
12				0	0	0

Tab. 17 – Výsledky zkoušky – vzorky bez prachu

Vzorek	Křížový řez			Vyhodnocení		
13				0	0	0
18				0	0	0

ZÁVĚR

V teoretické části jsem se nejprve zabývala charakteristikou povrchu a jeho fyzikálními, geometrickými, mechanickými a chemickými vlastnostmi. V další kapitole jsem rozebrala přípravu povrchu před aplikací povlaku, kde rozděluji přípravu povrchu na mechanické a chemické technologie a popisuji jejich princip. Nejvíce se zaměřuji na technologii otryskávání, jelikož je nejvíc využívanou technologií ve strojírenství. Následuje popis, rozdělení povlaků a povrchových vrstev. Tady se zaměřuji hlavně na organické povlaky konkrétně nátěrové hmoty. Dále jsem se zabývala vzhledem, čistotou a přilnavostí povrchu, které následně ovlivňují kvalitu povlaku. V poslední kapitole teoretické části stručně rozebírám protikorozi ochranu a agresivitu prostředí.

Experimentální část je rozdělena do 5 základních částí. Nejdříve byly připraveny a popsány ocelové vzorky. Dále se změřila drsnost u pěti vybraných vzorků – 1, 5, 10, 14 a 18, které byly zapsány do tabulky. Na stejných vzorcích bylo provedeno měření povrchového napětí pomocí inkoustu. Po tomto měření se mohlo určit, že povrchové napětí povrchu je uspokojivé. V další části byly všechny vzorky odmaštěny ve stoprocentním odmašťovacím roztoku a provedlo se druhé měření drsnosti, které bylo zapsáno do tabulky. Průměrné hodnoty měření se vzájemně porovnávala a bylo zjištěno, že menších R_a a R_z dosahují vzorky po odmaštění. V další kapitole experimentální části bylo provedeno zaprášení povrchu pro hodnocení čistoty povrchu, kde cílem této zkoušky bylo docílit množství a velikost prachových částic na stupeň 5. K tomu byly dodány zinkové prachy s označením HP a VP.

Další důležitou částí byl přehřev vzorků před samotným zaprášením vzorků. Vzorky byly přehřívány na povrchovou teplotu 40 °C a na dvě skupiny vzorků byl naprášen prach. Poslední skupina zůstala nezaprášena. Na takto zaprášené vzorky byl nanesen vodou ředitelný, transparentní nátěr o mokré tloušťce 150 μm . Po změření suché tloušťky nátěru byl zjištěn pokles tloušťky až o 83,33%. Průměrně nejvyšší tloušťky dosahovaly vzorky bez zaprášení jen s nátěrem.

Následovala zkouška křížovým řezem. Zde všechny typy vzorků (4 od každé skupiny) vykazovaly vynikající přilnavost (stupeň 0). Zbylé vzorky, byly vloženy na 26 hodin do korozní komory. Po vytažení vzorků z korozní komory byly vzorky ve značné míře pokryté korozními zplodinami. Stupeň prorezavění byl na většině vzorků určen na Ri5. Výskyt rzi byl tedy na 40-50 % plochy vzorků. Tloušťka nátěrového systému nebyla dostatečná a nátěr vykazoval špatné vlastnosti v korozní komoře. Musíme přihlídnout, že kde byla dostatečná

vrstva VP prachu, tam se koroze výrazně zpomalila. Avšak při zkoušce přilnavosti povrchu vzorky s VP prachem prokázaly špatnou přilnavost nátěru, kde se nátěr odloupl v celé šířce řezu.

Závěrem lze říci, že pokud by byla nanесena větší vrstva prachu, nebo větší tloušťka nátěru, byly by ochranné vlastnosti dobré a tím by se prodloužila korozní odolnost.

Poděkování

Závěrem své bakalářské práce bych chtěla poděkovat Ing. Renému Siostrzonkovi Ph.D. za věnovaný čas a pomoc při experimentální práci.

Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. za odborné vedení a cenné rady.

Poděkování patří i mé rodině, která mě po celou dobu mého studia podporovala.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 2. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-953-0.
- [2] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I* 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. ISBN 80-7078-235-8.
- [3] Ocelový granulát a ocelová drť. *ABRASIV* [online]. © 2016 [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://www.abrasiv.cz/novinky/ocelovy-granulat-a-ocelova-drt>
- [4] Ocelový sekaný drát. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/ocelovy-sekany-drot.html>
- [5] Litinové drtě. I.D.D. abrasive s.r.o.: *Výroba ocelových a litinových granulátů a drtí* [online]. Praha, ©2015 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/litina_drt.html
- [6] Litinové granuláty. I.D.D abrasive s.r.o.: *Výroba ocelových a litinových granulátů a drtí* [online]. Praha, ©2015 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/litina_granulat.html
- [7] Povrchy a jejich úpravy. [online]. [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://www.tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [8] Tryskáci materiály: Balotina. *PKIT Praha s.r.o* [online]. © 2003-2013 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/cs/balotina/>
- [9] Abraziva pro tryskání: Korund. *SPOLMONT s.r.o.* [online] © 2016 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.spolmont.cz/abraziva>
- [10] Korund hnědý. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/korund-hnedy.html>
- [11] Brusné kotouče. *HARDMAN spol. s.r.o* [online]. © 2017 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.hardman.cz/brusne-kotouce/>
- [12] Moření a pasivace nerezové oceli. ProMinent systems s.r.o [online]. Všechna práva vyhrazena. [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://www.prominentsystems.cz/vyroby/moreni-a-pasivace-nerezove-oceli.htm>

[13] BABIŠTOVÁ, B.: Studium vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých povlaků. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016

[14] Balotina. Comprex [online]. ©2008 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/balotina.html>

[15] ČSN ISO 8502-3. *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepící páskou)*, Praha: Český normalizační institut, 1996.

[16] ČSN EN ISO 16276-2 *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008.

[17] ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Geometrie povrchu [7].....	10
Obr. 2 - Ocelový granulát [3]	13
Obr. 3 - Ocelová drť [3]	13
Obr. 4 - Ocelový sekaný drát [4].....	14
Obr. 5 - Litinová drť [5].....	14
Obr. 6 - Litinový granulát [6]	14
Obr. 7 - Balotina [14].....	15
Obr. 8 - Korund hnědý [10].....	15
Obr. 9 - Brusné kotouče [11]	16
Obr. 10 - Mořicí lázeň [12]	19
Obr. 11 - Profilometr MITUTOYO SJ-301.....	29
Obr. 12 - inkoust Arcotest 38 mN/m	31
Obr. 13 - Nanesení inkoustu na zkušební vzorky	31
Obr. 14 - Přístroj EUTECH INSTRUMENTS	32
Obr. 15 – Zinkový prach VP při zvětšení 20x, 50x, 100x	34
Obr. 16 – Zinkový prach HP při zvětšení 20x, 50x, 100x.....	35
Obr. 17 - Stupnice vyhodnocení množství prachových částic [15].....	36
Obr. 18 - Třídy velikosti prachových částic [15]	36
Obr. 19 - Měrka BASTRO [13]	38
Obr. 20 - ELEKTROMETER.....	39
Obr. 21 - Vyhodnocení křížového řezu dle ČSN EN ISO 16276-2 [16].....	41
Obr. 22 - Vzorky 1 a 6 vytažené z korozní komory po 26 hod.	45
Obr. 23 - vzorky 7,12 vytažené z korozní komory po 26 hod.....	46
Obr. 24 - vzorky 13,18 vytažené z korozní komory po 26 hod.....	46

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Písemné označení nátěrových hmot [7]	24
Tab. 2 - Číselné označení nátěrových hmot [7]	24
Tab. 3 - Barevné označení nátěrových hmot [1]	25
Tab. 4 - Agresivita prostředí [17]	27
Tab. 5 - Naměřené hodnoty drsnosti zkušebních vzorků	30
Tab. 6 - Naměřené hodnoty pH a teploty	32
Tab. 7 – Naměřené hodnoty drsnosti povrchu kontrolních vzorků po odmaštění	33
Tab. 8 - Vyhodnocení prachové zkoušky	37
Tab. 9 - Suchá tloušťka nátěru vzorků zaprášených prachem VP	39
Tab. 10 - Suchá tloušťka nátěru vzorků zaprášených prachem HP	40
Tab. 11 - Suchá tloušťka nátěru vzorků bez prachu	40
Tab. 12 – Výsledky zkoušky – vzorky s prachem VP	42
Tab. 13 - Výsledky zkoušky- vzorky s prachem HP	43
Tab. 14 – Výsledky zkoušky – vzorky bez prachu	44
Tab. 15 – Výsledky zkoušky – vzorky s VP prachem	47
Tab. 16 - Výsledky zkoušky - vzorky s HP prachem	47
Tab. 17 – Výsledky zkoušky – vzorky bez prachu	48